논문 2012-49SC-1-2

영상기반 자동검사시스템에서 Run Length Coding을 이용한 한도 결함 검출 전처리 기법

(Ultimate Defect Detection Using Run Length Coding in Automatic Vision Inspection System)

주 영 복*, 권 오 영*, 허 경 무**

(Younjg Bok Joo, Oh-Young Kwon, and Kyung Moo Huh)

요 약

자동 결함 검사 시스템 (AVI - Automated Vision Inspection Systems)은 디지털 영상을 통하여 표면의 결함을 자동으로 검출해 주는 시스템이다. 일반적으로 AVI 시스템의 성능은 한도 결함 검출력으로 판별한다. 한도 결함이란 결함 신호가 배경 신호와 매우 유사하여 명확히 결함을 검출하기 어렵다. 본 논문에서는 신호대잡음비 (SNR - Signal to Noise Ratio)를 개선할 수 있는 전처리 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 인간 시각 시스템 (HVS - Hunman Visual System) 원리를 기반으로 하였으며 이를 RLC (Run Length Code)로 구현하였다. 실험결과 제안된 전처리 기법은 한도 결함 영상에 대해 SNR이 두 배 이상 개선되는 효과를 보였으며 이를 이용하면 AVI 시스템의 검출성능 향상을 기대할 수 있다.

Abstract

Automated Vision Inspection (AVI) systems automatically detect any defect feature in a surface image. The performance of the system can be measured under a special circumstances such as ultimate defect detection. In this situation, the defect signal level is similar to noise level and it becomes hard to make a solid decision with AVI systems. In this paper, we propose an effective preprocessing technique to enhance SNR (Signal to Noise Ratio). The method is motivated by some principles of HVS (Human Visual System) and RLC (Run Length Coding) techniques is used for this purpose. The proposed preprocessing technique enhances SNR under ultimate defect conditions and improves overall performance of AVI system.

Keywords : Automatic, Vision, Inspection, Defect, Detection, HVS, RLC.

Ⅰ. 서 론

최근 영상을 기반으로 하는 자동결함 검사시스템은 공장 자동화, 검사 품질의 일관성 및 검사 원가의 절감을 위하여 많은 연구와 개발 그리고 상용화가 되어 왔다[1~2]. 영상기반 자동결함 검사시스템 (AVI - Automatic Vision Inspection Systems)은 카메라와 같은 영상 센서로 획득된 표면 영상을 바탕으로 영상 처리와 분석을 통해 결함 후보 영역을 자동으로 추출하고 특정 결함의 크기를 측정하여 결함의 존재 여부를 최종적으로 자동 판별해 주는 시스템이다. 이러한 시스템에

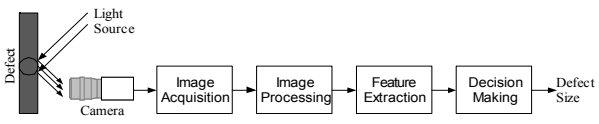


그림 1. 영상 기반 자동 결함 시스템의 구성
Fig. 1. Configuration of an SVI System.

* 정회원, 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부
(Korea University of Technology and Education)
** 정회원, 단국대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Dankook University)
접수일자: 2011년10월19일, 수정완료일 2011년12월30일

서 그 성능은 결함 검출의 신뢰성으로 판별하는데 이 판별의 기준은 한도 결함이다. 한도 결함이란 결함이라고 여겨지는 부분에서 결함일 확률과 결함이 아닐 확률이 공존하는 부분으로 결함 신호가 잡음 레벨과 유사하여 자동검출이 어렵다. 하지만 인간은 이러한 어려운 작업을 놀랄만큼 빠르고 정확하게 검출해 낸다. 이는 HVS (Human Visual System)이라 불리우는 분야로서 인간의 시각 시스템의 반응 기전에 대한 것으로 많은 연구가 진행되었다[3]. 이에 따르면 HVS는 보통 국지적으로 수행되는 자동결함검사시스템의 알고리듬과는 달리 전역적으로 결함 부근의 배경을 고려하여 결함 신호의 분포를 인지한다. 본 논문에서는 이러한 HVS의 동작 방식을 반영하여 영상을 전처리함으로써 자동 결함 검출 알고리듬의 적용이 가능하게 하여 한도결함 검출의 신뢰도를 높일 수 있는 방법을 제안한다. Ⅱ장에서는 전형적인 영상기반 자동결함 검사시스템에 대하여 개략적으로 설명하고 Ⅲ장에서는 한도결함과 인간시각 시스템에 대하여 설명하고 Ⅳ장에서 제안된 전처리 방법에 자세히 설명하고 그 실험 결과를 Ⅴ장에서 정리하였다. 마지막으로 Ⅵ장에서는 결론 및 향후 연구 연구 과제에 대해 서술하였다.

Ⅱ. 영상 기반 자동 결함 검사 시스템

영상기반 자동결함 검사시스템 (AVI - Automatic Vision Inspection Systems)은 카메라와 같은 영상 센서로 획득된 표면 영상을 바탕으로 영상 처리와 분석을 통해 결함 후보 영역을 자동으로 추출하고 특정 결함의 크기를 측정하여 결함의 존재 여부를 최종적으로 자동 판별해 주는 시스템이다. 검사시스템은 공장 자동화, 검사 품질의 일관성 및 검사 원가의 절감을 위하여 많은 연구와 개발 그리고 상용화가 이루어져 있다. 그림 1은 영상을 기반으로 하는 자동 결함 검출 시스템의 전형적인 구성을 나타낸 것이다. 영상 입력 장치로는 카메라 CCD 센서와 조명이 있다. 이를 통해 대상체의 빛이 감지되고 영상센서는 아날로그 신호를 디지탈 신호로 변환하여 저장한다. 저장된 영상은 결함의 유형에 따른 특성에 따라 영상 처리 및 분석 과정을 거쳐 영상 내에서 결함 후보군을 추출한다. 이 과정에서 결함의 영역을 정하고 그 크기 및 Gray 차 등 결함인지 아닌 지의 판정에 필요한 여러 가지 유용한 특성들을 추출한다. 이 특성을 기준으로 사용자의 요구사양에 맞추어 실제 결함의 판정이 이루어진다. 이 때 결함 영역의 판정의 신뢰성은 시스템의 성능에 지대한 영향을 미친다. 영상을 기반으로 하는 자동결함 검출 시스템의 자세한 내용은[1~2]을 참조한다.

Ⅲ. 한도결함과 HVS (Human Visual System)

한도 결함이란 그림 1과 같은 시스템에서 획득된 디지털 이미지상에서 결함일 확률과 결함이 아닐 확률이 공존하는 영역으로 인간의 목시로도 구분이 모호한 결함을 말한다. 여기에 덧붙여 영상획득시 여러 가지 원인으로 인하여 결함 주위에 잡음이 발생할 수 있어 결함 판정의 신뢰도는 더욱 떨어지게 된다. 그림 2에서 예시된 바와 같이 (a) 이미지의 좌측 첫 번째 원은 그 배경과의 GD(Gray Difference)가 미미하여 영상기반 자동결함 검출 시스템에서는 신뢰성 있는 결함 판정이 어렵다. 하지만 인간은 간단한 반복 학습과 훈련을 통해 이러한 어려운 상황 하에서도 신속 정확히 높은 확률로 결함인 지 아닌 지를 판별할 수 있다. 인간의 시각 시스템 즉 HVS (Human Visual System)은 매우 독특하며 아직 완벽히 그 동작방식에 대한 설명은 이루어지지 않은 상태이나 이를 규명하기 위한 많은 연구가 진행되었다[3]. 이에 따르면 한도결함 추출시 HVS는 전역적으로 판단하며 결함 주변의 밝기를 함께 고려한다[3]. 특히 한도 결함은 잡음 레벨과 유사하여 기존의 1차적 Thresholing 방법만으로는 자동 검출이 매우 어려우나

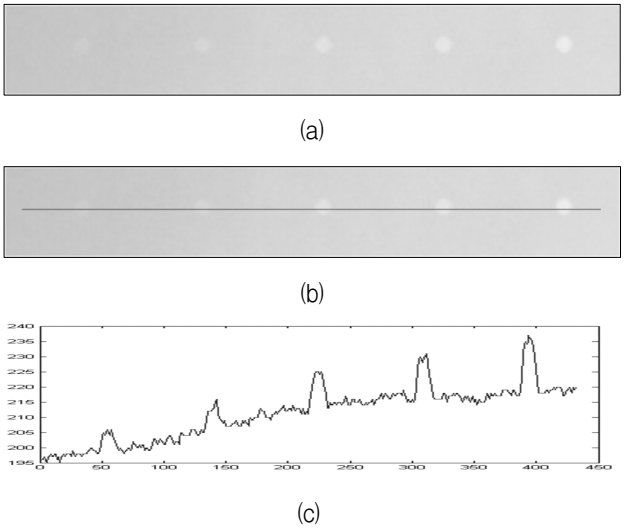


그림 2. 한도결함 영상의 예와 라인 프로파일 (c)
Fig. 2. An example of Ultimate defect and its line profile.

HVS는 결함이라고 여겨지는 영역의 전역적 분포를 인지하는 방식으로 한도 결함의 추출이 가능하다. 이 논문에서는 이러한 전역적 분포를 다음 장에서 설명하는 RLC (Run Length Coding) 기법을 이용하여 구현하여 영상의 전처리로 자동 결함 검사 시스템에 적용할 수 있다.

Ⅳ. RLC (Run Length Coding)를 이용한 HVS 전처리 방법

RLC는 원래 영상 압축의 고전적 기법 중 하나이다. RLC는 그림 3에서 보이는 것과 같이 동일한 값을 갖는 연속된 픽셀의 개수 (Run Length)를 계산하여 저장한다. 이러한 RLC로 영상을 코딩한 후 HVS에서 행해지는 결함 부분의 전역적 분포를 식 (1)과 같이 반영할 수 있다.

$$\hat{I}(x,y) = I(x,y) + R(x,y) \tag{1}$$

여기서 $\hat{I}$ 는 전처리 된 픽셀, I 는 원영상 그리고 R 은 해당 픽셀의 RLC 값이다. 영상의 평활화 후 이러한 전처리를 거치게 되면 그림 4에서와 같이 SNR (Signal to Noise Ratio)를 높여 주는 효과가 있어 한도 결함 부분을 배경으로부터 상대적으로 뚜렷하게 분리할 수 있게 된다.

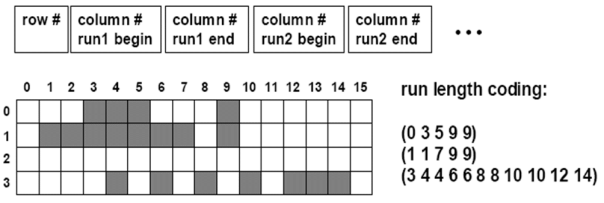
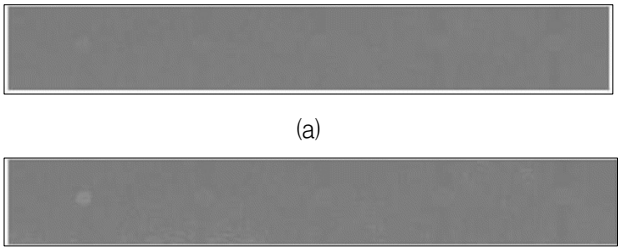


그림 3. RLC (Run Length Coding) 방법
Fig. 3. RLC (Run Length Coding) methods.

Ⅴ. 실험 결과

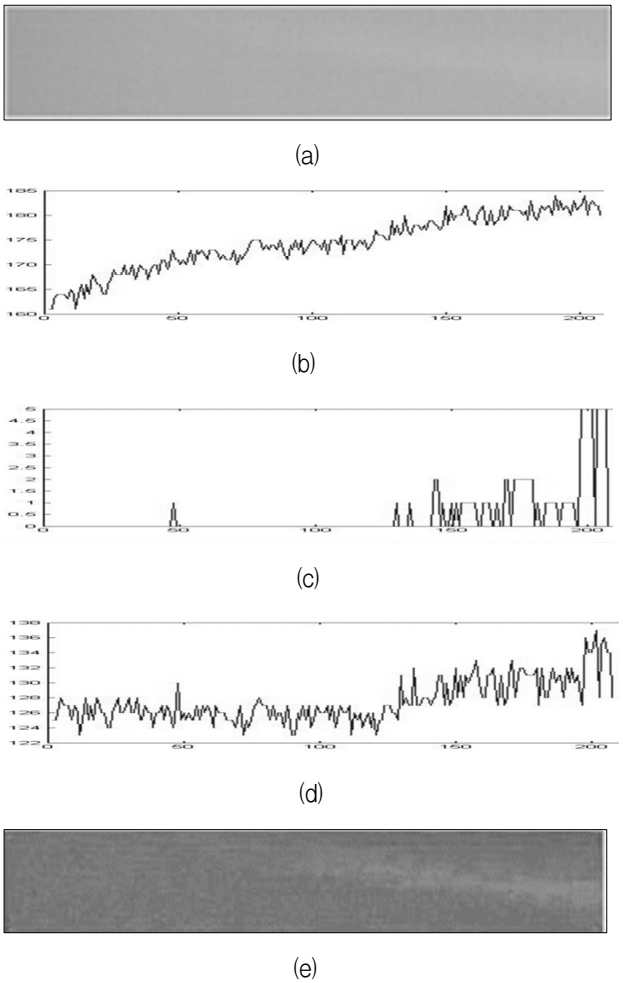
실험 영상은 자동검사시스템으로 LCD 편광 필름에서 획득한 영상 중 그림 5 (a)와 같이 인간의 시각으로도 결함 영역의 판별이 힘든 한도 결함을 포함한 영상을 채택하여 제안된 전처리 기법의 성능을 검증하였다. 그림 5 (a) 영상에서 보면 중앙 상부에서 우측 중앙으로 걸쳐 시각적으로 판별이 모호한 한도 결함으로 분류



(a)

(b)

그림 4. (a) 한도결함과 (b) RLC 전처리 결과.
Fig. 4. (a) Ultimate defect and (b) RLC processed image.



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

그림 5. 한도결함영상 (a)의 전처리 과정 (b) 원영상 프로파일 (c) RLC 코딩 (d) 전처리 후 프로파일 그리고 (e) 전처리 후 결과 영상.
Fig. 5 (a) Ultimate defect, (b) line profile of the original image, (c) RLC coding, (d) line profile after RLC preprocessing and (e) resulting image.

되는 얼룩성 결함이 넓게 분포되어 있다. 그림 5는 제안된 전처리 기법을 적용한 과정을 보여 준다. 그림 5 (e)에서 보면 결함 부분의 신호는 증폭되었고 주변의

잡음 레벨의 변화는 없음을 알 수 있으며 이는 곧 SNR의 개선을 의미한다. SNR이 증가되면 기존의 1차적 Thresholding 기법으로 한도 결함 영상에 대해서 신뢰성 높게 결함 검출이 가능하다. 실험 결과 본 영상에 대하여 SNR이 개선되었음을 알 수 있다.

Ⅵ. 결 론

영상을 기반으로 하는 자동결함 검사시스템에서는 그 성능은 결함 검출의 신뢰성으로 판별하는데 이 판별의 기준은 한도 결함 추출에 대한 성능이다. 한도 결함은 잡음 레벨과 유사하여 자동검사시스템으로 신뢰성 있는 검출이 어렵다. 반면 인간의 시각시스템은 이를 잘 검출하는데 그 이유는 전역적인 결함 신호 분포를 반영하기 때문이다. 이러한 HVS의 특성을 RLC 기법으로 반영하여 한도 결함 영상을 전처리하게 되면 SNR이 증가하여 일반적으로 자동검사시스템의 결함검출 알고리듬으로 사용되는 기존의 1차적 임계치(threshold) 방법으로도 신뢰성 높게 한도결함을 검출할 수 있다. 이러한 전처리 방법을 이용하면 영상기반 자동결함검사시스템의 전체적인 검출성능을 개선할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] E. N. Malamas, E. G. M. Patrakis, M. Zervakis, L. Petit and J. D. Legat, “A Survey on Industrial Vision Systems, Applications and Tools,” Image and Vision Computing, vol. 21, issue 2, pp. 171-188, Feb. 2003.

[2] R. Sablatnig, “A Flexible Concept for Automatic Visual Inspection,” Czech Pattern Recognition Workshop'97, Proc. of (CPRW'97), 1997.

[3] K. A. Panetta, E. J. Wharton and S. S. Agaian, “Human Visual System-Based Image Enhancement and Logarithmic Contrast Measure,” IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics－part B: Cybernetics, Vol. 38, No. 1, February 2008.

저 자 소 개

주 영 복(정회원)

1989년 연세대학교 전산과학과 학사 졸업.
1991년 연세대학교 전산과학과 대학원 석사 졸업.
1997년 UNSW 컴퓨터공학과 석사 졸업.
2001년 UNSW 컴퓨터공학과 박사 졸업.
2003년 UWA 컴퓨터학과 초빙연구원.
2008년 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 BK교수
2009년～2010년 연세대학교 전산과학과 연구교수
현재 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 조교수
<주관심분야 영상신호분석 및 처리, 자동결함검사시스템>

허 경 무(정회원)

1979년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업
1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 졸업
1993년～현재 단국대학교 전자공학과 교수,
대한전자공학회 시스템및제어소사이어티 부회장,
<주관심분야 : 시스템 제어, 머신 비전, 검사자동화, 로봇제어, 학습 제어>

권 오 영(정회원)

1990년 연세대학교 전산과학과 학사 졸업
1992년 연세대학교 대학원 전산과학과 석사 졸업
1997년 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과 박사 졸업
1997년 4월～2000년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
현재 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 부교수
<주관심분야 : 고성능 컴퓨팅, 임베디드 시스템, 시스템 소프트웨어1996년 모대학교 전자공학과 학사>